



**REVISION BIBLIOGRAFICA ENTRE EL CONCRETO AUTO REPARABLE Y EL  
CONCRETO CONVENCIONAL**

**OLGUER ENRIQUE DAZA SANCHEZ 506124  
FEDERICO GUARNIZO TRUJILLO 506991**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL  
BOGOTA D.C  
2020**

REVISION BIBLIOGRAFICA ENTRE EL CONCRETO AUTO REPARABLE Y EL  
CONCRETO CONVENCIONAL

PRESENTADO POR:

OLGUER ENRIQUE DAZA SANCHEZ 506124

FEDERICO GUARNIZO TRUJILLO 506991

TRABAJO DE GRADO

DOCENTE ASESOR

ING. ABRAHAM RUIZ VASQUEZ

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C

2020



## Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Asesor

---

Presidente del Jurado

Bogotá D.C., 17 noviembre 2020

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Primero darle gracias a Dios por permitirnos entregar este trabajo, por la vida, salud y bendiciones que nos entregó.

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, agradecemos el apoyo moral y económico recibido durante esta etapa de nuestra vida que culminará e iniciará otra en cuanto lo profesional y personal.

Un agradecimiento a los profesores que nos guiaron, brindaron su conocimiento y paciencia. Gracias por su colaboración y esfuerzo en esta importante etapa.

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A mi padre, madre, hermanos, que siempre han estado ahí para brindarnos el apoyo y dándonos fuerza para lograr esta meta.

Ing. Abraham Ruiz por su profesionalismo y formación para guiarnos y ayudarnos para poder cumplir con el fin del proyecto.

A todos los que incondicionalmente han estado para brindarnos apoyo en los momentos difíciles y a los que ya no están pero que gracias a sus consejos estamos cumpliendo una meta más.

## **TABLA DE CONTENIDO**

1. INTRODUCCIÓN	12
2. ESTADO DEL ARTE	13
2.1 AÑO 2013	13
2.2 AÑO 2015	13
2.3 AÑO 2015	14
2.4 AÑO 2019	14
2.5 AÑO 2020	14
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	16
3.1 Antecedentes	16
3.2 Justificación	16
4. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DE PROBLEMA	18
4.1 Pregunta de investigación	19
5. MARCO DE REFERENCIA	20
5.1 Marco teórico	20
5.2 Marco conceptual	21
5.2.1 Bio-concreto	21
5.2.2 Bacterias del Género Bacillus	21
5.2.3 Bacillus pseudofirmus	22
5.2.4 Lactato de Calcio	22
6. OBJETIVOS	23
6.1 General	23
6.2 Específicos	23
7. ALCANCES Y LIMITACIONES	24
7.1 Alcance del proyecto trabajo de grado	24
7.1.1 Espacio	24
7.1.2 Tiempo	24
7.2 Limitaciones del proyecto trabajo de grado	24
8. DESARROLLO DEL PROYECTO	25
8.1 DEFINICIÓN	26

ETAPA I	27
8.2 TIPOS DE CONCRETO	27
8.2.1 Concreto simple	27
8.2.2 Concreto ciclópeo	27
8.2.3 Concreto reforzado	28
8.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.	31
8.3.1. Durabilidad	31
8.4. Calidad del concreto	31
8.4.1 Mezclado del concreto.	31
8.4.2 Transporte	32
8.5 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	33
8.5.1 Resistencia a la compresión del concreto	33
8.5.2 Resistencia a la tensión del concreto	33
8.5.3 Módulo de elasticidad	33
8.5.4 Trabajabilidad	34
8.6 MÉTODOS DE FISURA Y FALLA EN EL CONCRETO	34
8.6.1 Fisuras	34
8.6.1.1 Tipos de fisura	35
8.6.2 Fallas	35
8.7 CONCRETO AUTO REPARABLE	36
8.7.1 Como se elabora el concreto auto reparable	37
8.7.2 Concreto auto reparable en obra	37
8.7.3 Capacidad del concreto auto reparable	38
8.8 CONTROL Y CALIDAD DE LOS CONCRETOS	38
ETAPA II	40
8.9 REGISTRO CONCRETO AUTO REPARABLE	40
8.9.1 Reacciones químicas	41
8.10 CRITERIOS DE DISEÑO	41
8.10.1 Tiempo de vida	42
8.10.2 Distribución	42
8.10.3 Recuperación de las propiedades mecánicas.	42

8.10.4	Repetibilidad	42
8.10.5	Confiabilidad	43
8.10.6	Versatilidad	43
ETAPA III		45
8.11	COMPARACION ENTRE CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO AUTO REPARABLE	45
8.11.1	Efectos en las propiedades mecánicas	45
8.12	VIAVILIDAD DEL CONCRETO AUTO REPARABLE	47
8.13	VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NSR – 10	47
8.13.1	Verificación de los materiales	47
8.13.1.1	Agregados	47
8.13.1.2	Agua	48
8.13.1.3	Aditivos	48
8.13.2	REQUISITOS DE DURABILIDAD	48
8.13.2.1	Relación agua-material cementante (a/mc)	48
8.14	ANALISIS Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION	50
8.14.1	ANALISIS	50
8.14.1.2	Efectos en la durabilidad del concreto	50
8.14.2	CONCLUSIONES	51
PALABRAS CLAVE		53
BIBLIOGRAFÍA		54



## LISTA DE FIGURAS

Figure 1 Concreto ciclópeo .....	27
Figure 2 Concrete Network, Concreto reforzado.....	28
Figure 3 Concreto pre esforzado pretensado .....	29
Figure 4 Concreto pre esforzado pretensado .....	30
Figure 5 Concreto pre esforzado pretensado .....	30
Figure 6 Bio concreto, Información sobre el rumbo a las edificaciones biológicas	37
Figure 7 Ficha de control de calidad del concreto en obra .....	39
Figure 8 Regeneración de grietas.....	40
Figure 9 Ensayo de tracción del concreto en el cual muestra una mayor deformación por flexión .....	45

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las fallas .....	36
Tabla 2 Comparación de los criterios de diseño con los métodos de autosellado. ....	44
Tabla 3 Comparación de la resistencia a la tracción entre el concreto convencional y el concreto auto reparable.....	46
Tabla 4 Comparación de los esfuerzos de compresión entre el concreto convencional y el concreto auto reparable.....	46
Tabla 5 Requisitos para condiciones de exposición especiales .....	49
Tabla 6 Contenido total de aire para concreto resistente al congelamiento.....	49

**PERIODO:** 2020 - 3

**PROGRAMA ACADÉMICO:** INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIANTE:** OLGUER ENRIQUE DAZA SANCHEZ CÓDIGO 506124

**ESTUDIANTE:** FEDERICO GUARNIZO TRUJILLO CÓDIGO 506991

**DIRECTOR DEL TRABAJO:** ING. ABRAHAM RUIZ VASQUEZ

**TÍTULO:** REVISION BIBLIOGRAFICA ENTRE EL CONCRETO AUTO  
REPARABLE Y EL CONCRETO CONVENCIONAL

**ALTERNATIVA:** TRABAJO DE INVESTIGACION

**LINEA DE INVESTIGACION:** MATERIALES

**EJE TEMÁTICO:** BIOMATERIALES

## 1. INTRODUCCIÓN

El concreto es un producto que resulta de la mezcla de un tipo de cemento, (el cemento portland que es el más utilizado) con arena, grava, piedra, agua y en algunos casos aditivos.

La historia de concreto surgió en el año 1300 A.C., cuando los constructores de Oriente Medio descubrieron cómo reaccionaba químicamente la piedra caliza formando una superficie dura al momento de aplicarlas en sus fortalezas y paredes, más tarde se construyeron las primeras estructuras en hormigón y se descubrieron las ventajas de la cal hidráulica, es decir cemento que se endurece bajo el agua en Nabatea en el año 700 AC, pero fue hasta 1824 cuando el inglés Joseph Aspdin inventó el cemento portland que conocemos. En la actualidad la población mundial ha venido creciendo a gran escala y las grandes ciudades de cada país, se han expandido notablemente por lo que se da la necesidad de realizar nuevas edificaciones para satisfacer las necesidades de las personas. Estas estructuras están construidas principalmente por concreto debido a su fácil producción, trabajabilidad, resistencia y durabilidad entre otras, razón por la cual es el material más utilizado en las obras de construcción. (DANE, 2019)

Durante el año 2019 en Colombia, la producción de concreto fue de 7246 miles de metros cúbicos, aumentando el 3% en comparación con el año 2018, la cual fue de 7037 miles de metros cúbicos, por consiguiente, se han venido implementando nuevas metodologías para mejorar las características del concreto convencional, y garantizar mayor durabilidad en las obras de ingeniería. Una de ellas son los bio - concretos, material que se trabajara en esta investigación, con base a el descubrimiento del profesor Holandés Henk Jonkers de la Universidad Técnica de Delft, quien desde el año 2006 hasta el 2015 estudió las características de los concretos aplicando nuevos aditivos y descubrió un material que puede auto repararse solo.

## 2. ESTADO DEL ARTE

En los últimos años se han realizado cantidad de intervenciones para el mejoramiento, costo, factibilidad de los materiales y productos en construcción, todo para que estos mismos sean más accesibles, creando una mejora en la industria de la construcción.

El concreto es uno de los materiales más importantes de la construcción debido a la calidad y resistencia que este mismo conlleva. (Arquitectura Pura, 2016).

### 2.1 AÑO 2013

En agosto del 2013 en la Universidad Tecnológica Equinoccial la estudiante de Ing. de Petróleos Mercy Lucia Villalva realizó un “*Estudio de la aplicación de un cemento auto curable y elástico para cementaciones en pozos de alto ángulo en campos de Petroamazonas*”, en donde hizo un análisis de aplicación de cemento auto – curable para las cementaciones en pozos de Petroamazonas, en donde encontró una factibilidad económica y resistente utilizando lechadas auto curables. (Villalva, 2013)

### 2.2 AÑO 2015

Para el científico holandés Henk Jonkers, este proyecto que suena fantástico, es una realidad bastante concreta. En la Universidad Técnica de Delft, en los Países Bajos, han desarrollado el bio-concreto, un material que literalmente está vivo y que puede regenerar el desgaste de las edificaciones.

"Nuestro concreto va a revolucionar la forma en que construimos, porque estamos inspirados por la naturaleza", señaló Jonkers cuando fue nominado al premio mejor inventor europeo en 2015.

"No hay límite para el largo de la grieta que nuestro material puede reparar. Desde centímetros a kilómetros", apunta Henk Jonkers.

Para el ancho, sin embargo, sí hay límite: Las grietas no deben tener una amplitud mayor a 8 milímetros.

Pese a ello, el bio-concreto puede ahorrar miles de millones de dólares en el mantenimiento de estructuras tan variadas como edificios, puentes o represas. Según HealCon, la organización que quiere promover el uso de nuevo material, sólo

en Europa se gastan al año US\$6.800 millones en reparar construcciones debilitadas. (mundo, 2015)

### **2.3 AÑO 2015**

Un proyecto dirigido por la universidad de Cardiff está probando formas de reparar automáticamente el concreto sin intervención humana.

La primera prueba importante de hormigón auto curativo en el Reino Unido, dirigida por un equipo de investigadores de la Escuela de Ingeniería, se está llevando a cabo en un sitio en los valles del sur de Gales. El proyecto, titulado Materiales para la vida (M4L), está probando por primera vez tres tecnologías separadas de curación de concreto en entornos del mundo real, con el objetivo de incorporarlas en un solo sistema que podría usarse para reparar automáticamente el concreto en el edificio ambiente. (2015)

### **2.4 AÑO 2019**

En el año 2019 en la Universidad Nacional de Cajamarca la estudiante de Ing. Civil Aysa Yire Vásquez realizó una tesis que abarca sobre el concreto auto curable el cual lleva el nombre de "*Concreto auto curable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , reemplazando un porcentaje de agregado grueso con traquita*" en donde tiene como objetivo Determinar la variación de la resistencia a compresión y el efecto del auto curado de un concreto al reemplazar agregado grueso con traquita saturada en la cual como resultado obtuvo generación de un concreto con una resistencia no muy competente en el sistema para ello ella termino recomendando estudiar otro tipos de remplazos de aditivos y hacer ensayos de efectos de auto curado con flexión y durabilidad que es el tema que no dejo que el proyecto fuera exitoso pero si dejando experiencia. (Vasquez, 2019)

### **2.5 AÑO 2020**

En la Universidad de Colorado (EE. UU) creen que es viable y, no solo eso, lo han demostrado con un innovador hormigón. Su propuesta de material de construcción autorreparable se basa en la utilización de bacterias que, al metabolizar nutrientes y agua, producen el nuevo material.

Concretamente, el equipo de investigadores ha recurrido a una cianobacteria fotosintética perteneciente al género de las *Synechococcus*. La particularidad de esta especie es que genera carbonato cálcico en sus procesos metabólicos, un componente que sirve a otras criaturas como los moluscos para fabricar sus hogares. (Service, 2020)

### **3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION**

#### **3.1 Antecedentes**

A lo largo de la historia se han desarrollado avances de mejoramiento del concreto para hacer de este más sostenible y duradero, las metodologías de innovación que han abordado por cada lugar del planeta generando avances y formulación de nuevas hipótesis hasta conllevar a un resultado que se acerque a la perfección.

Con el pasar de los años se hace más frecuente el uso de aditivos y mejoras para que la calidad sea buena y no haya dificultades en edificaciones o donde estén los concretos para su utilización. Uno de los temas más abordados es la calidad y debido a esto, requiere de un mantenimiento y supervisión, y cada vez que se quiere avanzar se necesita de más tecnología; este es el caso del Bio-concreto, que es un material que se repara solo, fue expuesto a mediados del año 2015 por un Holandés, Henk Jonkers comenzó a incurrir en este andar para la visualización de un concreto autorreparable, de ahí en adelante el gremio de la construcción, química e ingenieros empezaron a cuestionar las posibilidades y alternativas que brinda el concreto auto reparable esto con el fin de diseñar un concreto duradero de la mejor calidad y una mejor sostenibilidad, la generación de concreto auto reparable o bio concreto ha estado en crecimiento y en la actualidad es el material que se espera utilizar para un mejor futuro y una nueva generación de concretos.

#### **3.2 Justificación**

La investigación va enfocada a estudiar y comparar la utilización del concreto auto reparable y bio-sostenible frente a un concreto convencional; el también llamado bio-concreto es uno de los temas más innovadores y posiblemente factibles para este material que es tan necesario y vital para la construcción de obras civiles. La idea es encontrar que tan viable y favorable es para el gremio de la construcción. Se analizarán posibles contras, y que mecanismo de mejoramiento del concreto se han encontrado y/o utilizado en nuestro país.

El concreto es el material más utilizado en construcción así es que le da la fuerza a cada proyecto constructivo en obra civil, por eso se han profundizado estudios en el mismo, donde se deben analizar la resistencia y durabilidad, tipo de refuerzos, agregados y aditivos entre otros componentes que hacen del material más sólido. El concreto debe siempre tener un estado de viabilidad y resistencia, lo que consta en no encontrar fallas en su sistema al colocarle cargas, por ello siempre que se



fractura el concreto debe ser reparado de manera inmediata para no tener futuras complicaciones, esto implica unos costos de mantenimiento en el concreto.

El Bio-concreto es un material que por sus componentes químicos ha de repararse de manera autónoma lo cual evita hacer gastos provocados por deformaciones y agrietamiento lo que constaría de solo hacer una supervisión de cómo está trabajando el bio-concreto y su auto sostenibilidad. La clave de esta investigación es proponer la factibilidad y hacer de esta una necesidad en el gremio de la construcción civil, con ello mirar a fondo un logro vital en el avance de nuevas tecnologías y así generar una motivación para que en Colombia sea un país que desarrolle estas nuevas aplicaciones que pueden ser muy útiles para temas como la durabilidad, economía y capacidad a los proyectos del país.

#### **4. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DE PROBLEMA**

El concreto es un material necesario para la construcción que a la par tiene una labor consistente y precisa en las obras civiles la cual brinda y entrega estabilización y durabilidad a estas mismas. Este material busca siempre una forma de volver más factible es un estado de progreso e innovación en la misma para llegar a ser más perfecta día a día. El concreto es un material que debe estar en perfecto estado para mejor durabilidad esto se consigue al momento de colocarlo y realizar su mantenimiento, que se causa a partir de agrietamientos y factores que hacen que el concreto pueda fallar o dañar su capacidad de soporte.

La generación y cuidado del medio ambiente está muy gravitante hoy en día por la busca del cuidado del mismo, en las obras civiles se afecta el ecosistema y su funcionamiento, por eso siempre se preserva la ecología en cada obra y con ello se mantiene un ambiente y ecosistema favorable.

La finalidad de esta investigación es analizar un material que está siendo globalmente analizado para la solución de este problema que es el agrietamiento y sus dificultades, se quiere ver que tan bueno y factible puede ser el material para el uso de edificaciones, cuáles son sus utilidades favorables y desfavorables para con esto evidenciar posibles factores a mejorar con la solución de un concreto autorreparable para la resistencia del mismo y que brinde una estabilidad del mismo en el ambiente. (humanidades, 2019)

El concreto es un material que a pesar de ser muy resistente sin un buen manejo puede ser muy frágil y susceptible a daños, entre ellos está el agrietamiento uno de los problemas más frecuentes en el gremio de la construcción, muchas veces se culpa al cemento y están dejando a un lado uno de los casos más comunes que es el tratamiento inadecuado en la colocación del concreto. Hay distintas variables que afectan el concreto entre ellos es no llevar a cabo las recomendaciones de la NSR – 10 la cual indica el manejo de los recursos suministrados al concreto y como deben de aplicarse para tener un concreto resistente y sostenible. A pesar de haber encontrado varios métodos para la corrección de estas fisuras son trabajos que equivalen a costos que afectan el presupuesto en las construcciones, por ahora la mejor forma de economizar esos gastos es colocar de manera adecuada con materiales correspondientes y siguiendo restricciones para no tener este tipo de complicaciones a futuro que pueden arruinar la obra. (Figuerola, y otros, 2008)

#### **4.1 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las diferencias entre el concreto auto reparable y el concreto convencional para su aplicación y eficiencia en las obras de ingeniería civil?

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 Marco teórico

El concreto es el material de construcción que más se utiliza en las obras de ingeniería en todo el mundo, y durante muchos años se ha venido tratando, para que cada día tenga más durabilidad en las infraestructuras. Las grietas son el problema principal de este material y ocurre por diferentes causas, por ejemplo, si en la edificación se genera el ingreso de agua por medio de esta fisura se corroe el acero de refuerzo y esto provoca una disminución en la capacidad de la estructura.

El profesor Jonkers presentó una forma para que el concreto tenga una vida útil más larga con su innovación de los Bio-concretos, un concreto que repara grietas usando bacterias, este concreto se mezcla igual que el concreto normal, pero con un agente extra, “agente de curación” este agente permanece intacto durante la construcción y solo se disuelve cuando entra en contacto con el agua.

Jonkers es un microbiólogo y comenzó a trabajar los bio-concretos desde el año 2006, cuando un técnico le preguntó si era posible utilizar bacterias para autorregular el concreto convencional y tardó 3 años en descifrar el problema porque necesitaba que las bacterias que iba a utilizar sobrevivieran en condiciones extremas, Jonkers eligió bacterias curativas de bacillus ya que estas soportan climas alcalinos y pueden sobrevivir durante décadas sin comida ni oxígeno. Pero el otro problema era que estas bacterias fueran capaces de producir un material que reparara el concreto el cual era “piedra caliza”, para ello necesitaba nutrientes que ayudarían a que las bacterias produjeran este material. Uno de ellos era el azúcar, pero este tenía efectos secundarios en la durabilidad y resistencia del material, hasta que logró conseguir lactato de calcio en cápsulas hechas de plástico biodegradable, luego estas fueron adicionadas al concreto. Cuando se generan grietas el agua entra en contacto y abre las cápsulas en ese momento las bacterias se alimentan del lactato de calcio produciendo piedra caliza que cierran las grietas. (Stewart, 2016)

La investigación acerca de los Bio-concretos se profundizará en todos los departamentos de Colombia, con el fin de determinar en qué lugares y que tipo de estructuras es más viable la aplicación de este concreto auto reparable y porque, teniendo en cuenta estudios similares en cuanto a la variedad climática, tipo de terreno y sismicidad del lugar.

## **5.2 Marco conceptual**

El concreto auto- reparable, mejor conocido como bio-concreto fue inventado como la incorporación de un aditivo bacteriano al concreto normal por Jonkers en 2007.

La producción comercial del bio-concreto comenzó en la Universidad Técnica de Delft, en los países bajos, en el año 2015, donde se le otorgó el título al mejor invento europeo, desde entonces se ha venido presentando un incremento en su producción y debido a su gran utilidad ha sido utilizado para la construcción de canales de irrigación en Ecuador debido a su alto índice de sismicidad.

Se fabrica a partir de la mezcla del concreto tradicional con cepas de bacterias de *Bacillus pseudofirmus* que pueden habitar ambientes con altos índices de temperaturas como cráteres de volcanes activos, además de las bacterias se incorpora lactato de calcio, el cual funciona como alimento para que los bacilos produzcan piedra caliza. En la mezcla, el lactato de calcio y las bacterias de bacilos están en cápsulas de plásticos biodegradables, de tal forma que cuando se producen fisuras en las estructuras entran en contacto con el agua provocando que las bacterias se multipliquen y regeneren las fisuras provocadas. (mundo, 2016)

A continuación, se dará a conocer un glosario acerca de los principales parámetros utilizados en nuestro medio.

### **5.2.1 Bio-concreto**

Es un material que está diseñado para reparar sus propias grietas. Fue diseñado por el holandés Hendrik Jonkers utilizando ingredientes adicionales como bacterias del género *Bacillus* y lactato de calcio que funcionan como agentes curativos y que no requieren de la intervención humana para auto repararse después de haber sido instalados. (Noticias, 2015)

### **5.2.2 Bacterias del Género *Bacillus***

Este género *Bacillus* pertenece a una familia llamada *Bacillaceae*, el cual está compuesto por 60 especies de bacterias aproximadamente, conformado por microorganismos bacilares de gran positivos, formadores de endosporas, son anaerobios o aerobios facultativos, su tamaño varía de entre 0,5 a 2,5  $\mu\text{m}$  x 1,2 a 10  $\mu\text{m}$ . se encuentran principalmente en suelos y plantas. (Mora, 2017)

### **5.2.3 Bacillus pseudofirmus**

Es una bacteria anaerobia, gran positiva facultativa de especie alcalófila, es decir es un microorganismo que se desarrolla en ambientes con valores de pH comprendidos entre 8.5 y 11 y es formadora de endosporas. (Lozada, 2010)

### **5.2.4 Lactato de Calcio**

Es una sal que produce de forma natural que suele utilizarse como conservante natural en la industria alimentaria, se produce de forma natural en algunos quesos al combinar ácido láctico con carbonato de calcio, actualmente se está produciendo en laboratorios debido a su gran importancia en campos como la medicina y la ingeniería civil. (S., 2013)

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 General**

Realizar un estudio comparativo sobre los concretos autos reparables y concretos convencionales para las construcciones civiles.

### **6.2 Específicos**

- Analizar el comportamiento del concreto convencional y ver cuáles son las causas de las fisuras y las fallas.
- Realizar una investigación cualitativa del concreto auto reparable.
- Investigar resultados de ensayos de laboratorio para comparar el concreto auto reparable y el concreto convencional.
- Hacer un análisis y comprobación para determinar qué tan sustentable y beneficiario es el concreto auto reparable.

## **7. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **7.1 Alcance del proyecto trabajo de grado**

El tema que vamos a desarrollar en el presente trabajo es una investigación más a fondo acerca de los concretos auto reparables y bio sostenibles (Bio-concretos), por medio de estudios previos y consulta de ensayos que se hayan realizado en laboratorios, con el fin de establecer cuáles son las diferencias entre el concreto convencional y el concreto auto reparable.

#### **7.1.1 Espacio**

Durante el desarrollo de este trabajo, por la situación de emergencia sanitaria debemos recurrir a los resultados de ensayos hechos por otras personas y entidades que hayan estudiado el tema y no se necesita espacio en particular.

#### **7.1.2 Tiempo**

Para desarrollar el trabajo se cuenta con un tiempo de 4 meses, en los cuales se darán dos meses para recolectar la información acerca del tema que debe llevar el trabajo de grado, luego los otros 2 meses se deberá realizar el contenido con base a la teoría consultada anteriormente y por último se organizará el contenido final del trabajo.

### **7.2 Limitaciones del proyecto trabajo de grado**

Las limitaciones que se tienen actualmente están determinadas por la situación de emergencia sanitaria, no se pueden utilizar los laboratorios de la universidad para hacer los ensayos que se tenían inicialmente previstos.



## 8. DESARROLLO DEL PROYECTO

¿Qué autores se investigaron?, que fuentes ¿artículos encontrados? ¿por país por universidad?

Para la revisión de la metodología utilizamos las palabras clave como Bio-concretos: donde encontramos diferentes artículos el primero que se reviso fue el de Chile Cubica, Bio-Concreto, donde dan a conocer cuáles son las características de este material así como un ensayo realizado por el ingeniero y científico Henk Jonkers, el segundo es el de Concreto Autorregenerante realizado por un grupo de investigadores de la Universidad Técnica de Delft junto con Jonkers, donde se describe cual es la importancia de utilizar bacterias en el concreto autorreparable, antecedentes, reacciones químicas y comparación con el concreto convencional y el ultimo es un artículo Comparativo de Hormigones Autosellantes realizado por Cristina Úbeda Bernabé, explica cuál es el tiempo de vida de este material y cómo se comportan en lugares con diversos cambios de temperatura.

El principal grupo de investigación de este material es el grupo de investigadores de la Universidad Técnica de Delft, En los Países Bajos. Dirigido por el ingeniero y científico Henk Jonkers.

NOTA: Debido a la situación actual que se presenta globalmente por el virus Covid-19, y que ya se había previsto en las limitaciones de la propuesta de grado no se pudieron realizar las diferentes prácticas de laboratorio, ya que en el momento de presentarse el confinamiento no se pudo contar con los equipos y materiales necesarios que nos emplea la Universidad Católica de Colombia para desarrollar este tipo de pruebas, por esta razón se tuvieron en cuenta investigaciones de artículos científicos y estudios de ensayos similares de los concretos autorreparables y concretos convencionales para obtener resultados teóricos y hacer las comparaciones necesarias para el alcance de nuestro objetivo.

Para la realización del trabajo estudio comparativo sobre el concreto autorreparable y el concreto convencional, se definió en torno al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos los cuales analizan el comportamiento del concreto convencional y como es su proceso de fisuración, así como también los ensayos de laboratorios realizados por artículos científicos para comparar y comprobar si el concreto autorreparable es sustentable y la Norma Técnica Colombiana (NTC).

En la actualidad la población ha venido incrementando a gran escala, y las grandes ciudades de cada país se han expandido notablemente, por lo que se da la necesidad de realizar nuevas y mejores edificaciones para satisfacer las necesidades de las personas. Estas estructuras están construidas principalmente por concreto debido a su fácil producción, trabajabilidad, resistencia y durabilidad entre otras, razón por la cual es el material más utilizado en las obras de construcción. (DANE, 2019).

Por esta razón, con el pasar del tiempo el concreto ha venido evolucionando de acuerdo con las necesidades requeridas, para traer nuevos y mejores concretos con unas características diferentes para utilizar en cada una de las obras de ingeniería civil.

Durante la realización del trabajo, se realizó una investigación cualitativa para la recolección de datos acerca de los métodos de fallas de las estructuras construidas en concreto convencional, así como las propiedades y tipos concretos más utilizados para estas construcciones. También se registraron los datos más relevantes acerca de los concretos auto-reparables acerca de cómo es su proceso de fabricación, tiempo de vida, reacciones químicas, sus principales componentes entre otros.

De la misma manera se obtuvieron los análisis de datos por medio de resultados de laboratorio realizados por diferentes artículos científicos, donde dan a conocer cuáles son las principales características de este material, como es su uso y cuáles son sus limitaciones a la hora de construir, por ultimo realizamos una comparación entre el concreto autorreparable y el concreto convencional para ver si es viable o no este material y cuál es la diferencia de este material en cuanto costos.

## **8.1 DEFINICIÓN**

El Concreto en general es una mezcla de piedras, arena, agua, cemento y en algunos casos adictivos que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes. La combinación entre la arena, el agua y el cemento en algunos países latinoamericanos se le conoce como mortero, mientras que cuando el concreto ya está compactado en el lugar que le corresponde recibe el nombre de hormigón. (Adrian, 2020)

## ETAPA I

### 8.2 TIPOS DE CONCRETO

#### 8.2.1 Concreto simple

El hormigón simple no tiene refuerzo sus principales componentes son el cemento, los áridos y el agua, su densidad varia de entre 2200 y 2500 kg/m<sup>3</sup>. La resistencia a la compresión es de 200 a 500 kg/cm<sup>2</sup>. Y es utilizado principalmente en la construcción de edificios y pavimentos. (The constructor (Civil Engineering Home), 2016)

#### 8.2.2 Concreto ciclópeo

El concreto ciclópeo es aquel que está formado por una mezcla cuyos pétreos se componen hasta de un sesenta por ciento (60%), por fragmentos de roca. Estas rocas se conocen también como ciruelazo las piedras del pudin con un peso de aproximadamente 45kg. (Arkiplus, 2018)

*Figure 1 Concreto ciclópeo*



*Fuente de <https://www.arkiplus.com/concreto-ciclopeo/>*

### 8.2.3 Concreto reforzado

El hormigón armado es el tipo de hormigón que atraviesa el refuerzo, lo que le confiere la resistencia para soportar fuertes tensiones de tracción. Si bien el concreto simple es fino en compresión, carece de resistencia a la tracción. El hormigón armado ofrece la combinación de ambas propiedades: alta compresión y capacidad de soportar tensiones de tracción.

El refuerzo del hormigón se realiza mediante acero en forma de varillas, barras, mallas y fibras de acero. Durante el refuerzo, es importante establecer una estrecha unión entre el hormigón y el acero de refuerzo. Esta unión eventualmente determinaría la durabilidad y resistencia del hormigón resultante. (network, 2015)

*Figure 2 Concrete Network, Concreto reforzado*



*Fuente <https://www.homestratosphere.com/types-of-concrete/>*

#### 8.2.3.1 Concreto estructural

Es el concreto de calidad especificada para uso estructural, producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos en las proporciones adecuadas. (Larios, 2015)

#### 8.2.3.2 Concreto estructural liviano

Se considera concreto ligero o liviano a cualquier tipo de hormigón que tenga una densidad inferior a  $1920 \text{ Kg} / \text{m}^3$ . Su fabricación incluye materiales naturales como piedra pómez y escoria, materiales artificiales como lutitas y arcillas expandidas, una propiedad importante de este concreto es que la conductividad térmica es muy baja. (Seek, 2017),

### 8.2.3.3 Concreto prefabricado

El hormigón prefabricado es hormigón armado construido mediante métodos industrializados. Se caracteriza por dividir el edificio en componentes, los cuales son fabricados en una planta de prefabricados de hormigón y transportados por equipos especiales de transporte hasta el sitio. El prefabricado reduce el tiempo de construcción porque la fabricación de los elementos se realiza de antemano. El hormigón prefabricado se refuerza con barras de refuerzo, cordones con alta resistencia a la tracción o una combinación de ambos. (ACI, 2017)

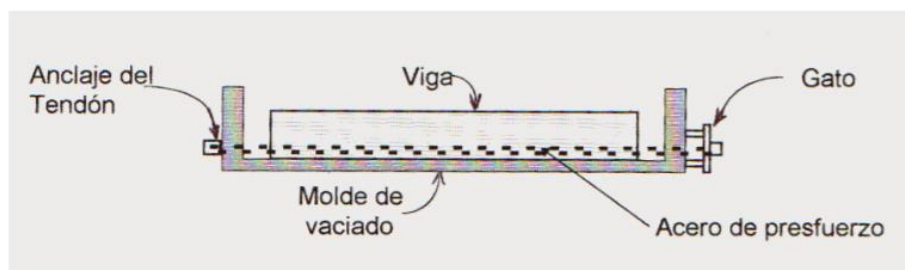
### 8.2.3.4 Concreto pre esforzado

Es el concreto en el cual han sido introducidas esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado. Y existen dos categorías pretensado o postensado los miembros del concreto pretensado se producen tensando los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el concreto, en el caso de los miembros de concreto postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el concreto. (Navarro, 2008)

### 8.2.3.5 Pretensado

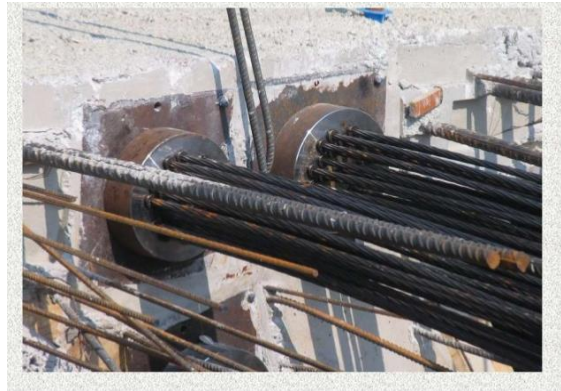
Los tendones son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno

*Figure 3 Concreto pre esforzado pretensado*



*Tomado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/concreto-presforzado.pdf>*

Figure 4 Concreto pre esforzado pretensado

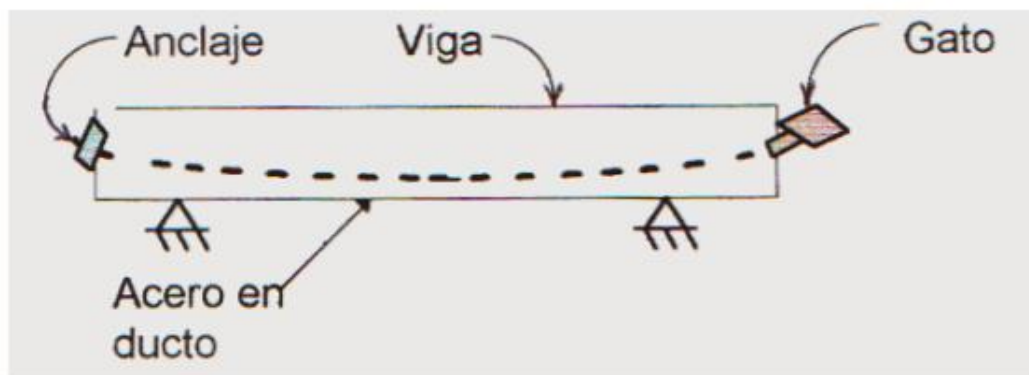


Fuente <https://pt.slideshare.net/lagaher/concreto-presforzado/6> (Lagaher, 2013)

#### 8.2.3.6 Postensado

Este método se puede realizar tanto en estructuras vaciadas in situ o prefabricadas, y consiste en colocar los moldes de las vigas ductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, antes de vaciar el concreto. Los tendones pueden ser alambres paralelos, cables torcidos o varillas de acero- El ducto se amarra con alambres de refuerzo auxiliar de la viga. (sismoresistentes, 2010)

Figure 5 Concreto pre esforzado pretensado



Fuente <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/concreto-presforzado.pdf>

### **8.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.**

#### **8.3.1. Durabilidad**

Con base en la NSR-10, la durabilidad debe cumplir con los siguientes requisitos.

##### **8.3.1.1. Las relaciones agua-material cementante. (a/mc)**

Para los concretos expuestos a condiciones de congelamientos y deshielo, los concretos expuestos a suelos y aguas con sulfatos, la relación agua- material cementante son las máximas de 0.4 a 0.5. o para prevenir la corrosión del refuerzo los valores de resistencia se encuentran entre 28 MPA y 35 Mpa de resistencia a la compresión. Las resistencias promedio a la compresión requerida  $F'_{cr}$ , son 3.5 a 5 Mpa más altas que la resistencia especificada a la compresión,  $F'_c$ . Dado que es muy complejo hallar con exactitud la relación agua-material cementante del concreto, durante la producción, el valor de  $f'_c$  especificado debe ser razonablemente congruente con la relación a/mc requerida por la durabilidad.

#### **8.4. Calidad del concreto**

El concreto se debe dosificar para que pueda tener una adecuada durabilidad y resistencia promedio a la compresión, así como también se debe lograr una trabajabilidad y consistencia para que permita colocar el encofrado evitando la segregación y exudación.

##### **8.4.1 Mezclado del concreto.**

Para obtener un concreto de calidad es necesario efectuar una mezcla de los materiales hasta que tenga una apariencia uniforme y todos los componentes se hayan distribuido. Y las muestras tomadas de distintas partes de una misma tanda de mezclado obtengan los mismos pesos unitarios, contenidos de aire, asentamientos y agregados gruesos. El tiempo necesario de mezclado depende de distintos factores que incluyen el volumen de la mezcla, su rigidez, tamaño y granulometría.

### **8.4.2 Transporte**

El concreto debe transportarse desde la mezcladora al sitio final de colocación evitando métodos que eviten la segregación o la pérdida de material, así como también se necesita controlar la uniformidad y sin interrupciones que causen pérdidas de plasticidad.

Puede haber una pérdida considerable de la resistencia del concreto, pero cuando se bombea a través de una tubería de aluminio se ha demostrado una reducción a la resistencia hasta del 50%, la cual es producida por el hidrógeno que reacciona entre los álcalis del cemento y la erosión del aluminio, por esta razón no se debe utilizar equipo hecho en aluminio para descargar el concreto. (sismoresistentes, 2010)

### **8.4.3 Colocación**

Para la colocación del concreto el ACI describe que se deben tener en cuenta los siguientes pasos

- Todos los equipos de mezclado y transporte a utilizar deben estar limpios.
- Se deben retirar los escombros y el deshielo del lugar donde se va a vaciar el concreto
- El encofrado se debe cubrir con un desmoldante adecuado.
- Se deben humedecer las unidades de albañilería que estarán en contacto con el concreto y el refuerzo debe estar libre de hielo
- La superficie del concreto endurecido debe estar libre de lechada (sismoresistentes, 2010)

### **8.4.4 Curado**

El concreto debe tener una temperatura por encima de los 10° C, y en condiciones de humedad por lo menos los primeros 7 días después de la colocación



El concreto de alta resistencia debe mantener una temperatura de 10° C y permanecer en condiciones de humedad por lo menos 3 días.

#### **8.4.4.1 Curado acelerado**

Para este curado se utiliza vapor de alta presión, vapor de presión atmosférica, calor o humedad el cual funciona como un acelerador a la resistencia y disminución del tiempo de curado y debe proporcionar una resistencia a la compresión del concreto por lo menos igual a la resistencia del diseño requerida en la etapa de carga considerada. (sismoresistentes, 2010)

### **8.5 PROPIEDADES MECÀNICAS DEL CONCRETO**

#### **8.5.1 Resistencia a la compresión del concreto**

Se define como la capacidad de soportar una carga por unidad de área, representada con las siguientes unidades (kg/cm<sup>2</sup>), Mpa. La resistencia a la compresión se determina por medio de ensayos, donde se realizan pruebas cilíndricas de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, para ser llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementadas relativamente rápidas, esta resistencia se mide a los 28 días de fraguado, por razones técnicas y practicas ya que en este tiempo el concreto ya ha alcanzado en gran proporción la resistencia y a los 28 días no afecta significativamente la marcha de las obras. (Osorio, 2011)

#### **8.5.2 Resistencia a la tensión del concreto**

La resistencia a la tensión se determina estirando los dos extremos de la muestra, al aplicar la fuerza en los dos extremos se mide la deformación relacionándola con a la fuerza aplicada hasta que la muestra rebasa su límite de deformación elástica y se deforma permanentemente o se rompe. (jesus11091994, 2013)

#### **8.5.3 Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad se determina cuando el concreto es sometido a esfuerzos de compresión o tracción menores al límite de proporcionalidad del material y se

calculan realizando una relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente (módulo de elasticidad). La expresión determinada para el módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  definida como la pendiente de la secante trazada desde un esfuerzo nulo hasta un esfuerzo de compresión de  $0,45 f'_c$ , los valores de la densidad del concreto  $W_c$  están comprendidos entre 1500 y 2500 kg/m<sup>3</sup>. (2017)

$$E_c = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad [\text{MPa}]$$

Donde:

$W_c$  = densidad del concreto, [kg/m<sup>3</sup>].

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto, [Mpa].

#### **8.5.4 Trabajabilidad**

La trabajabilidad se define por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación. Esta dada por el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos de la mezcla. (Civilgeeks, 2011)

### **8.6 MÉTODOS DE FISURA Y FALLA EN EL CONCRETO**

#### **8.6.1 Fisuras**

Las fisuras o fallas que ocurren en el concreto son comúnmente factores como los esfuerzos que son superiores a las resistencias del concreto, lo que causa deficiencias en el recubrimiento del acero de refuerzos. Estos también pueden ocurrir por las malas prácticas de colocación y al momento de colocarlo el curado no es el indicado, para ello se deben hacer todas las recomendaciones de la norma. Una de las principales causas del agrietamiento en el concreto es causado por la retracción, esto es definido por el ACI la cual es definida como una disminución en el volumen en el concreto con el tiempo, debido a cambios de humedad, físicos – químicos en el concreto.

La retracción en el concreto puede ser causado por "Autógena, plástica, térmica inicial, retracción hidráulica y carbonatación. La retracción se presenta

cronológicamente ya que el en el fraguado inicial se presenta la retracción plástica y el asentamiento plástico; la retracción térmica, la hidráulica y la autógena pueden evidenciarse el primer año después del vaciado del concreto. (Osorio, 2015)

#### **8.6.1.1 Tipos de fisura**

Fisuras antes del endurecimiento del concreto

- Por movimientos durante la ejecución: Movimiento de la formaleta o movimiento de la base.
- Plásticas: Por asentamiento plástico o por retracción plástica.
- Por heladas tempranas.

Fisuras después del endurecimiento del concreto:

- Estructurales: Por cargas de cálculos, por sobrecarga accidental o por fluencia.
- Térmicas: Por contracción térmica temprana, por variaciones estacionales o por ciclos de hielo y deshielo.
- Químicas: Por corrosión del acero de refuerzo, por reactividad álcali agregado, por carbonatación.
- Físicas: Por desecación inmediata, por retracción por secado, por retracción de agregados.

#### **8.6.2 Fallas**

Las fallas en el concreto se producen por esfuerzos de tracción o por cortante, las cuales superan la tensión admisible del material, lo cual produce la rotura. La causante de las fallas son las fisuras que solo se presentan en superficie, y las grietas las cuales se presentan en todo el espesor y atraviesan de cara a cara el elemento estructural. (concreto, 2013), (Udep, 2017)

Tabla 1 Clasificación de las fallas

Item	Clasificación	Descripción
1	Microfisuras: $e < 0,05$ mm	En general carecen de importancia
2	Fisuras: $0,1 < e < 0,2$ mm	En general son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
3	Macrofisuras $0,2 < e < 0,4$ mm	Estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia
4	Grietas: $0,4 < \text{ancho} < 1,0$ mm	Existe reducción en la capacidad sismorresistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal
5	Fractura: $1,0 < \text{ancho} < 5,0$ mm	Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición
6	Dislocación: ancho $> 5,0$ mm	

Fuente [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_122\\_180\\_80\\_1138.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_122_180_80_1138.pdf)

## 8.7 CONCRETO AUTO REPARABLE

El bio-concreto también conocido como hormigón auto curativo, es una forma de hormigón auto reparable diseñada para reparar sus propias grietas, fue desarrollado por el investigador y microbiólogo holandés Hendrik Jonkers en la Facultad de Ingeniería Civil Y Geo ciencias de la Universidad Tecnológica de Delft. utilizando un aditivo adicional que funciona como agente curativo y no requiere de la intervención humana para ser reparado una vez se haya colocado. (Steward, 2017), (inc, 2015)

Figure 6 Bio concreto, Información sobre el rumbo a las edificaciones biológicas

## Rumbo a las edificaciones biológicas

La invención del bioconcreto ha unido características de los entornos de la naturaleza con la construcción actual, lo que genera un nuevo concepto que podría ser pieza clave para el futuro.

**CREADOR**  
Henk Jonkers



### DATOS SOBRE EL MATERIAL

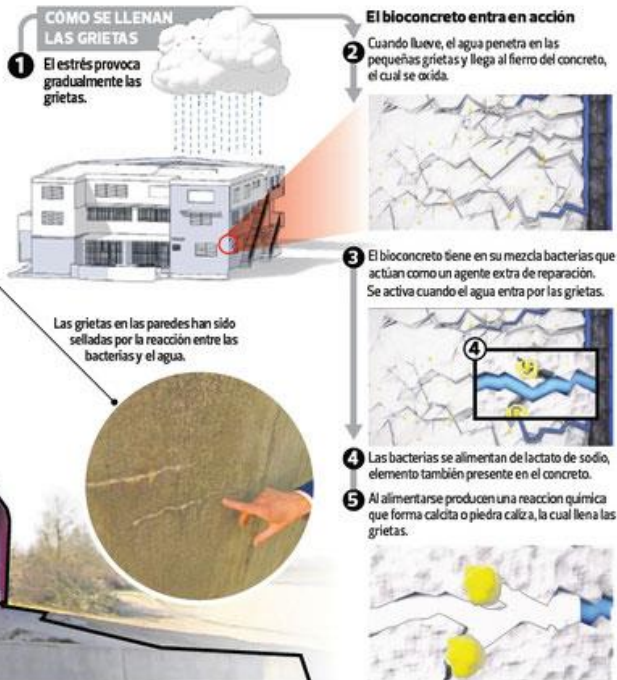
Bacterias utilizadas:	'Bacillus pseudofirmus' y 'Sporosarcina pasteurii'
Tiempo de vida:	200 años
Tamaño de grietas reparadas:	Grosor máximo de 0,8 mm

### PRIMER EDIFICIO HECHO CON MATERIAL AUTORREPARABLE

Paredes con capas de bioconcreto de 6 cm de grosor



Las grietas en las paredes han sido selladas por la reacción entre las bacterias y el agua.



Fuente <https://www.chilecubica.com/materiales-de-construccion/bio-concreto/>

### 8.7.1 Como se elabora el concreto auto reparable

El bio concreto también conocido como hormigón auto curativo, se fabrica con una mezcla de hormigón (cemento, agua y arena), incluyendo un grupo de cepas de bacterias previamente seleccionadas cuyo nombre Bacillus Pseudo y se le agrega un nutriente a base de calcio conocido como Lactato de Calcio que es el alimento de estos microorganismos estos agentes pueden permanecer dormidos dentro del hormigón hasta 200 años. (Cando constructora, 2017), (Fayerwayer, 2015)

### 8.7.2 Concreto auto reparable en obra

Este concreto auto reparable actúa en las diferentes obras de ingeniería civil cuando la estructura de hormigón se fisura y el agua penetra por las fisuras que hay, las esporas de las bacterias entran en contacto directamente con el agua y los nutrientes lo cual provoca que se active la bacteria que comienza a alimentarse de

lactato de calcio convirtiéndose en caliza que se solidifica en la superficie de la fisura sellándola. (Fayerwayer, 2015)

Con el Bio-Concreto si un edificio se agrieta, las bacterias que habitan en él quedan expuestas a diferentes elementos, entre ellos el agua. La humedad en estas fisuras provoca que estos bacilos se “despierten” y empiecen a comer el lactato de calcio, y como proceso de su digestión secretan piedra caliza. (PUPC, 2015)

### **8.7.3 Capacidad del concreto auto reparable**

La restauración de las fisuras puede tardar aproximadamente entre dos a tres semanas, las bacterias que contienen el concreto autorreparable forman esporas lo que deriva a que estas puedan sobrevivir más de 200 años en el edificio; el concreto auto reparable no tiene límite de longitud de agrietamiento, puede reparar desde centímetros hasta kilómetros, en lo único que hay restricción es en el grosor de las fisuras las cuales no deberían sobrepasar los 8mm. (PUPC, 2015)

## **8.8 CONTROL Y CALIDAD DE LOS CONCRETOS**

El control y calidad en el concreto es la manera más acertada de tener una vista clara del funcionamiento del concreto; existen ensayos que son determinantes para la tranquilidad del control del concreto, así mismo la interpretación y análisis de resultados son vitales para tener argumentos del funcionamiento y con ello evaluar que se puede mejorar o hacer un control del mismo.

El control de calidad se puede definir como el conjunto de operaciones y determinaciones con el objeto de hacer que se haga cumplimiento con los requisitos y procedimientos que nos entrega la NSR10 y Normas Técnicas Colombianas para que el concreto funcione de la mejor manera; el control de calidad debe ser tomado en cuenta como la prevención de limitar daños. (Osorio, 2014)

Figure 7 Ficha de control de calidad del concreto en obra

## CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRA

El concreto es el material más importante en la construcción con el cual los diseñadores, ingenieros y arquitectos especifican y construyen obras concebidas para el bienestar y el progreso humano. El concreto está constituido por diferentes materiales los cuales debidamente dosificados y mezclados se integran para formar elementos monolíticos, que proporcionan resistencia y durabilidad a las estructuras.

El comportamiento estructural del concreto depende de su diseño, las buenas prácticas de colocación y el control de calidad.

El control de la calidad se define como el conjunto de acciones y decisiones que se toman con el objeto de cumplir las especificaciones de los mismos y comprobar el cumplimiento de los requisitos exigidos. Este debe ser preventivo más que correctivo; por lo tanto es de vital importancia la realización de ensayos al concreto en estado fresco con los que se busca garantizar el cumplimiento de las especificaciones en estado endurecido.

Esta ficha busca hacer énfasis en los ensayos de control de calidad en obra.

www.argos.com.co  
01 8000 5 ARGOS  
2 2 4 4 1

### DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (NTC 396)

EQUIPO	PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES	ENSAYO	ADVERTENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modo</li> <li>Caja estándar</li> <li>Señalador</li> <li>Señalador</li> <li>Señalador</li> </ul>	<p>1. Llene el molde por tres capas y compacte cada una con 25 golpes de la varilla distribuidos, uniformemente. Pase la varilla del fondo hacia la varilla y compacte en forma de espiral hacia el centro.</p>	<p>2. Al compactar las capas, asegure y baste la varilla, debe penetrar ligeramente la capa inferior.</p> <p>3. Al compactar la última capa, debe haber cargado completo sobre el molde.</p>	<p>4. Ensayo: retire los señaladores y levante verticalmente el molde durante 5 a 2 s sin temblar, girelo o muévalo lateralmente.</p> <p>5. Toda la operación desde el levantamiento (Punto 2), hasta que se retire el molde (Punto 4) debe durar como máximo 3 minutos y 30 segundos.</p> <p>6. Mida el asentamiento desde el centro de la masa asentada del concreto hasta la parte inferior de la varilla.</p>

### ELABORACIÓN Y CURADO DE MUESTRAS DE CONCRETO EN OBRA (NTC 550)

EQUIPO	ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS	CURADO	TRANSPORTE DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO AL LABORATORIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Moldes de cilindros</li> <li>Cuchillo</li> <li>Muestra de ensayo</li> </ul>	<p>1. Antes de colocar el concreto en los cilindros, límpielo su interior con un material que evite que el concreto se adhiera a la superficie del molde.</p> <p>2. Llene los moldes con el concreto en siete en diez capas de igual espesor. Con el extremo exterior de la varilla, aplaste cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente. Para cilindros con altura de 290 mm la varilla debe penetrar 25 mm en la capa inmediatamente inferior para cilindros con altura de 150 mm, la varilla debe penetrar 12 mm.</p> <p>3. Después de compactar cada capa golpee suavemente de 10 a 15 veces el fondo del molde con el martillo de caucho.</p> <p>4. Engrase los cilindros con la varilla compactadora, la llave de medidor o el pistón.</p> <p>5. Identifique los cilindros de ensayo, rotulelos arriba. Una vez desmoldados máquelos con goma, etiqueta o un marcador de tinta permanente.</p>	<p>Las cilindros recién elaborados deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe, terremoto, vibración o choque de momento a la salida de humedad (cilindros con una altura o profundidad de al menos 10 cm). Desmóldelos los cilindros dentro de las 24 h a 9 h y almacenados en un ambiente húmedo con agua libre a sobre la superficie de estos, a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.</p>	<p>Antes de transportar, cure y proteja los especímenes de concreto. Durante el transporte, proteja los especímenes con un material adecuado de impermeabilización para evitar daños por humedad.</p> <p>Evite la pérdida de humedad durante el transporte. Desmóldelos los especímenes en posición y manténgalos en posición adecuada por todo el tiempo.</p> <p>No se permite sobre los especímenes de concreto ni los mantenga en estado húmedo.</p> <p>Los especímenes primarios se transportan en una posición horizontal por cualquier condición. No se permite el uso de otros.</p> <p>El tiempo de transporte no debe exceder los 4 h.</p>

### ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (VIGUETAS)

EQUIPO	ELABORACIÓN DE LAS VIGUETAS	CURADO	TRANSPORTE DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO AL LABORATORIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Moldes de viguetas</li> <li>Moldes de compactación</li> <li>Muestra de ensayo</li> </ul>	<p>1. Se debe garantizar que las dimensiones de las moldes para las viguetas sean las establecidas en las normas para no alterar los resultados de ensayo.</p> <p>2. Antes de colocar el concreto en los moldes límpielo su interior con un material que evite que el concreto se adhiera a la superficie del molde.</p> <p>3. Las viguetas se deben elaborar en diez capas iguales, aproximadamente cada capa de concreto al siguiente curado: un golpe de asentamiento por cada 24 cm del área de la cara superior de la viga o posteriormente golpes 10 a 15 veces con el martillo de caucho (ver Apéndice).</p> <p>4. Después de compactar el concreto, se debe engrasar la superficie para que quede plana y uniforme.</p> <p>5. Las viguetas recién elaboradas deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración para ser desmoldadas a las 24 h a 9 h.</p> <p>6. Las viguetas se deben marcar para identificar al concreto que representan, utilizando un método que no altere la superficie del concreto. Una vez desmoldadas se marcan para conservar la identificación.</p>	<p>Una vez desmoldadas, las viguetas se deben curar a una temperatura de 23 °C ± 2 °C, hasta el día del ensayo. La misma respuesta que 20 horas antes del ensayo que las viguetas se curaron en agua con cal a una temperatura de 23 °C ± 2 °C. Se debe evitar el secado superficial de las muestras antes de ser entregadas a la acción.</p>	<p>Los especímenes primarios se transportan en una posición horizontal por cualquier condición. No se permite el uso de otros.</p> <p>El tiempo de transporte no debe exceder los 4 h.</p>

Fuente <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/control-de-calidad-del-concreto>

## ETAPA II

### 8.9 REGISTRO CONCRETO AUTO REPARABLE

En la actualidad existen 5 métodos para reparar el concreto: El encapsulado químico y bacteriano, las adiciones minerales, los químicos en microtubos, y el sellado autógeno con grietas de espesor controlado. En este artículo nos vamos a enfocar en el concreto auto regenerante por encapsulado bacteriano. (Los beneficios de bacterias en el concreto autorregenerante, 2015)

*Figure 8 Regeneración de grietas*



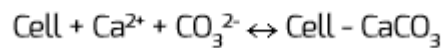
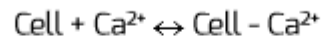
*Fuente revista civilízate N°7 (Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante)*

En la figura, se observa el proceso de regeneración de dos tipos de grietas, las cuales fueron realizadas por Jonkers en una estación salvavidas que es donde generalmente se presentan este tipo de problemas debido a las condiciones climáticas, y se evidencia el cambio que tuvieron cada una de las fisuras después de haber transcurrido un lapso de tiempo a los 100 días.



### 8.9.1 Reacciones químicas

La composición del concreto auto reparable consiste en las mismas del concreto convencional, la única diferencia es que se le agregan bacterias de calidad auto regenerante, capaces de sobrevivir en ambientes alcalinos con PH mayor a 10, cuando las fisuras se hacen quedan expuestas al aire, la humedad y la penetración de agua es ahí cuando se genera una reacción química que produce calcita para sellarla.



Las bacterias utilizadas reaccionan en dos partes, la primera reacción en la pared celular por tener carga negativa atrae al entorno al que está sometido es decir que la hidratación del monóxido de calcio que lo convierte en hidróxido de calcio lo cual activa las bacterias, las cuales tomaran el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), presente en el aire para convertirlo en carbonato de calcio. Y la segunda se da cuando el ion ( $\text{Ca}^{2+}$ ) del carbonato se precipita y da como producto piedra caliza, que es lo que estamos buscando para sellar las fisuras.

#### Según Jonkers.

El mecanismo de auto regeneración en ECC (Engineered Cementitious Composites) consiste en el crecimiento de calcitas en la parte interna de las grietas; esto quiere decir que debe tener una alta proporción de calcio en la composición de esta.

La tecnología de mejora del concreto de auto regeneración tiene una mejor eficacia cuando los anchos de fisura son menos pronunciados (menores a  $150\mu\text{m}$ ).

### 8.10 CRITERIOS DE DISEÑO

NOTA: De acuerdo con el estudio ejercido por la Master en ingeniería de las estructuras, cimentaciones y materiales, Cristina Ubeda Bernabe la cual hizo un estudio comparativo de hormigones auto sellantes se ha recolectado la información necesaria para el presente estudio el cual nos ayudara a aclarar muchas incógnitas

por falta de información sobre el material auto regenerador, con ello los criterios de diseño son:

#### **8.10.1 Tiempo de vida**

Las obras de infraestructura en ingeniería civil tienen una vida útil que va desde los cincuenta hasta los cien años. Por esta razón es imposible saber en qué momento el hormigón va a presentar deterioro y fisuras, debido a esto el concreto auto reparable debe tener este requisito y esto se hace por medio físico, químico, biológico o una combinación de los mismos para que tengan una vida útil tan prolongada como la prevista en el diseño para la estructura. (Bernabe, 2014)

#### **8.10.2 Distribución**

Las estructuras experimentan cargas complicadas debido al medio ambiente y cargas combinadas, por esta razón el fallo en el hormigón puede ocurrir en cualquier punto de la estructura y hace difícil predecir la orientación de la fisura, esto implica que el auto sellado deba entrar a la estructura. (Bernabe, 2014)

#### **8.10.3 Recuperación de las propiedades mecánicas.**

Este material debe ser capaz de recuperar las propiedades mecánicas como son rigidez y resistencia y de transporte como la permeabilidad y difusividad, a la hora de auto sellar las fisuras, por esta razón se deben utilizar materiales que no solo rellenen las fisuras, sino que también se enlacen las caras de la fisura químicamente. (Bernabe, 2014)

#### **8.10.4 Repetibilidad**

En las obras de ingeniería civil las estructuras deben soportar sobrecargas en el periodo de vida útil, por lo cual, se generan fisuras que parecen varias veces, incluso en el mismo punto de la estructura, debido a ello los materiales de auto sellado deben funcionar más de una vez. (Bernabe, 2014)

#### **8.10.5 Confiabilidad**

Esta va relacionada con la consistencia en la recuperación de las propiedades mecánicas y de transporte, una pérdida de consistencia entre las dos implica la pérdida de la fiabilidad del método de auto sellado. (Bernabe, 2014)

#### **8.10.6 Versatilidad**

Las obras de infraestructura de encuentran expuestas a diferentes situaciones ambientales, algunas en constantes sequias, otras continuamente humedades, también se ven expuestas a ambientes con alto contenido de cloruro, como las carreteras y los tableros de puentes en regiones costeras cuando entran contacto con la sal del agua de mar. Por esta razón los materiales de auto sellado que logran recuperar las propiedades son considerados como versátiles. (Bernabe, 2014)

Tabla 2 Comparación de los criterios de diseño con los métodos de autosellado.

	<b>Encapsulación Química</b>	<b>Encapsulación Bacteriana</b>	<b>Adiciones Minerales</b>	<b>Químicos en Microtubos</b>
<b>Tiempo de Vida</b>	Larga Vida Dependiendo del Agente Químico	No menos de 6 meses	Larga Vida mientras la adición no se hidrate	Larga Vida Dependiendo del Agente Químico
<b>Distribución</b>	Dispersión Uniforme en la masa de concreto	Dispersión Uniforme en la masa de concreto	Dispersión Uniforme en la masa de concreto	Orientación discreta donde se prevén fisuras
<b>Recuperación de Propiedades Mecánicas</b>	Sellado completo, aún no se conoce grado de recuperación	Sellado completo, recuperación mínima	Sellado completo, aún no se conoce grado de recuperación	Sellado y recuperación extensos pero no completo
<b>Confiabilidad</b>	Aún en evaluación	Aún en evaluación	Aún en evaluación	Aún en evaluación
<b>Versatilidad</b>	Mecanismo Independiente de agentes externos	Requiere presencia continua de humedad	Requiere presencia continua de humedad	Mecanismo Independiente de agentes externos
<b>Repetibilidad</b>	Aún en evaluación	Aún en evaluación	Aún en evaluación	No es repetible

Fuente Tesis\_master\_Cristina\_Ubeda\_Bernabe.pdf

### ETAPA III

#### 8.11 COMPARACION ENTRE CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO AUTO REPARABLE

##### 8.11.1 Efectos en las propiedades mecánicas

Las diferencias principales es que el concreto convencional tiene un comportamiento frágil, mientras que el concreto auto reparable tiene un comportamiento más dúctil. Lo ensayos para medir las deformaciones por tracción son 5 veces mayores con respecto al concreto convencional. (ACI, 2017)

*Figure 9 Ensayo de tracción del concreto en el cual muestra una mayor deformación por flexión*



*Fuente revista civilízate No 7 Pág. 36 a 38*

Todas las tablas generadas en este artículo de la revista civilízate, nos muestra la comparación entre los concretos a comparar en este informe, en los cuales se evaluarán.

Tabla 3 Comparación de la resistencia a la tracción entre el concreto convencional y el concreto auto reparable

S Nº	Nº. of days	Split tensite strength of conventional concrete cylinders subes, N/nm <sup>2</sup>	Splise tensile strength B. sphoericus concrete cubes, N/nm <sup>2</sup>	% increase in strength
1.	3	3.78	4.30	13.75
2.	7	4.62	5.28	14.28
3.	28	4.85	5.74	18.35

Fuente revista civilízate No 7 Pág. 36 a 38

En la tabla anterior se observa que el concreto auto reparable tiene mayor resistencia a la tracción

Tabla 4 Comparación de los esfuerzos de compresión entre el concreto convencional y el concreto auto reparable.

S Nº	Nº. of days	Split tensite strength of conventional concrete cylinders subes, N/nm <sup>2</sup>	Splise tensile strength B. sphoericus concrete cubes, N/nm <sup>2</sup>	% increase in strength
1.	3	19.24	25.16	30.76
2.	7	23.66	34.58	46.18
3.	28	34.52	45.72	32.21

Fuente revista civilízate No 7 Pág. 36 a 38

### 8.10.2 Efectos en las propiedades de estado fresco

El concreto auto reparable tiene una capacidad de absorción mayor al concreto convencional, según ensayos realizados por medio de Capillary Water Suction, los cuales muestran el aumento o la reducción de la absorción del agua. (ACI, 2017)

### 8.10.3 Efectos en la durabilidad del concreto

En el concreto auto reparable se reduce la permeabilidad, pero presenta mejores propiedades de endurecido con respecto al concreto convencional debido a que las grietas llegan a reducir el ancho, por esta razón.

En las obras de ingeniería, las fisuras son las que más gastos necesitan para repararlas, por esta razón el concreto auto reparable es mucho más factible que el concreto convencional porque se reducen los precios (ACI, 2017)

## **8.12 VIAVILIDAD DEL CONCRETO AUTO REPARABLE**

Este material es muy importante porque al sellar las fisuras o grietas permite mitigar los daños que se puedan presentar como la pérdida de resistencia del concreto en ambientes donde el hormigón de las estructuras se encuentra expuesto al agua y va deteriorando las propiedades estructurales del material, de diferentes causas ya sean químicas como la oxidación del acero o la hidratación del concreto o físicas como los asentamientos, la sobrecarga, la expansión, y contracción que se dan por cambio de temperatura.

La viabilidad de este tipo de concretos auto reparables está relacionada con diferentes aspectos, ya que se espera que este material tenga una mejora considerable en la vida útil, y de esta manera brindar un ahorro en los costos y permitir que las construcciones sean más rentables. También permitirá los deterioros de las estructuras del concreto, la contaminación y el uso de los recursos en la fabricación del concreto tradicional, así como el consumo de energía. (Dificonsa, 2018)

## **8.13 VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE ACUERDO CON LA NSR – 10**

### **8.13.1 Verificación de los materiales**

#### **8.13.1.1 Agregados**

De acuerdo con la NSR-10, se utilizan agregados que han demostrado a través de ensayos que producen concreto de resistencia y durabilidad adecuadas siempre y cuando sean aprobadas por un supervisor técnico, y que cumplan con el tamaño máximo nominal el cual no debe ser superior a  $1/5$  de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a  $1/3$  de la altura de la losa, ni a  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo.

#### **8.13.1.2 Agua**

El agua empleada en el mezclado del concreto debe cumplir con las disposiciones de la NTC 3459 (BS3148) o la ASTM C1602M, donde especifica que se puede utilizar cualquier agua natural que se pueda beber (potable), y que no tengan ningún olor o sabor, porque las impurezas del agua pueden afectar no solo el tiempo de fraguado si no también la manejabilidad y la resistencia.

#### **8.13.1.3 Aditivos**

Los aditivos para la reducción de agua deben cumplir con la norma NTC 1299 (ASTM CA94M), donde habla de los aditivos químicos para el concreto. Y los aditivos incorporados de aire deben cumplir con la norma NTC3502 (ASTM C260).

### **8.13.2 REQUISITOS DE DURABILIDAD**

#### **8.13.2.1 Relación agua-material cementante (a/mc)**

La relación agua-material cementante máximas están en un rango de 0.4 a 0.5, para concretos que se encuentran expuestos a congelamiento y deshielo y aguas con sulfatos o para prevenir la corrosión la resistencia a la compresión se encuentra entre 28Mpa y 35 Mpa, pero en el mayor de los casos se utiliza una resistencia promedio a la compresión de ( $F'c$ ) que va de 3.5Mpa a 5Mpa.

Para concretos que se encuentra expuestos a las siguientes condiciones ver la siguiente tabla



Tabla 5 Requisitos para condiciones de exposición especiales

Condición de exposición.	Concreto normal Relación máxima agua-material cementante en peso.	Concreto con agregado normal y ligero $f'c$ mínima (MPa).
Concreto que tiene baja permeabilidad en exposición al agua.	0,5	28
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	31
protección a corrosión del refuerzo en el concreto cuando este se encuentra expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre.	0,40	35

Fuente [http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f\\_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10\\_Titulo\\_C.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_C.pdf)

Exposición a congelamiento y deshielo: a continuación, se muestra la tabla # de contenidos de aire requeridos para concreto resistente a congelamiento y deshielo basados en el ACI 211.1. donde se indican valores para exposiciones F1 (Moderada), F2 Y F3 (Severas), dependiendo la humedad o sales descongelantes.

Tabla 6 Contenido total de aire para concreto resistente al congelamiento

Tamaño máximo nominal del agregado (mm).	Contenido de aire, porcentaje.	
	Exposición moderada. F1	Exposición severa. F2 Y F3
9,5	6	7,5
12,5	5,5	7
19	5	6
25	4,5	6
37,5	4,5	5,5
50	4	5
75	3,5	4,5

Fuente [http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f\\_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10\\_Titulo\\_C.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_C.pdf)

## **8.14 ANALISIS Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION**

### **8.14.1 ANALISIS**

NOTA: Debido a la pandemia ejercida por el virus Covid-19 que se está presentando actualmente no es posible obtener resultados prácticos por lo cual nos basamos en resultados teóricos y ensayos que se obtuvieron en artículos científicos en relación con los concretos auto-reparables y concretos convencionales.

Para el análisis de resultados se realizó teniendo en cuenta la investigación cualitativa, basándonos en ensayos de laboratorio realizados por artículos científicos.

Se tenía propuesto hacer un artículo científico con los resultados que obtendríamos en los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia, pero debido a la incontingencia no se pudieron desarrollar, por tal motivo que el método de socialización de esta propuesta será generado en la entrega del documento final para socialización en medios electrónicos como lo son las páginas web de la Universidad Católica y demás fuentes interesadas en el concreto.

#### **8.14.1.1 Reparación de las fisuras**

De acuerdo con la investigación realizada, la cual se muestra en la figura 9, regeneración de grietas, se pudo observar que las fisuras obtuvieron una reparación del 100%, luego de haber transcurrido 100 días.

Según Jonkers, figura 7, Bio concreto (2016), no existe un límite para reparar el largo de la grieta de este material ya que puede reparar desde centímetros hasta kilómetros, sin embargo, si hay un límite para su amplitud este no debe sobre pasar un grosor de 8 mm En un lapso de tiempo de 3 semanas

#### **8.14.1.2 Efectos en la durabilidad del concreto**

**Según Jonkers.**

1. El concreto auto reparable no se ve afectado por la composición química de la lluvia con un alto número de acidez, por esta razón cuando las estructuras se

encuentran sometidas bajo el agua por largo periodo de tiempo, estas no logran penetrar el concreto.

2. Cuando el concreto auto reparable auto repara las fisuras se reduce la permeabilidad, por esta razón presenta mejores propiedades que el concreto convencional.

Con base en la investigación de la tesis, Sintomatología en las Estructuras de Concreto Armado, las fallas del concreto se clasifican en 6, Micro fisuras, con espesor menor a  $<0,05\text{mm}$ , Fisuras, con espesor que va desde  $0,1<0,2\text{mm}$ , Micro fisuras, espesor que va desde  $0,2<0,4\text{mm}$ , Grietas, con espesor que va desde  $0,4<1\text{mm}$ , Fractura, con espesor que va desde  $1<5\text{mm}$  y Dislocación con espesor mayor a  $>5\text{mm}$ . De acuerdo con lo anterior se puede concluir que el concreto autorreparable es capaz de autor reparar las Micro fisuras, Fisuras, Macro fisuras, y algunas ocasiones las grietas que no sobrepasan el espeso de  $0.8\text{mm}$ , que es el límite de grosor que puede reparar este material.

#### **8.14.2 CONCLUSIONES**

1. La calidad de las estructuras que se construyen en ingeniería civil depende de la mano de obra empleada en la construcción, el diseño del proyecto y la selección de los materiales; para la selección de estos se deben tener en cuenta diferentes variables entre ellos la resistencia, durabilidad y los costos de materiales etc. En el caso de los concretos estos materiales no cuentan con las especificaciones requeridas por la norma o criterios para ser evaluados, por esta razón se creó un nuevo material llamado “Bio-Concreto” o “concreto Auto-Reparable” el cuál es capaz de sellar sus propias fisuras, razón por la cual un ingeniero profesional debe tener el conocimiento suficiente para determinar si se acepta o se devuelve un concreto para que las estructuras tengan un comportamiento adecuado.
2. Se logró establecer por medio de la investigación y con base en los datos estudiados, que la hipótesis del beneficio de utilizar los concretos auto reparables es mayor que el emplear el concreto tradicional.
3. La diferencia principal entre el concreto autorreparable y el concreto convencional es que el concreto autorreparable como su nombre lo indica es capaz de reparar sus fisuras una y otra vez por medio de una incorporación de

bacterias, además este presenta menor permeabilidad, pero tiene mejores propiedades de endurecimiento.

4. De acuerdo con la investigación se logró determinar que los concretos auto reparables tiene un costo de instalación mayor en comparación con el concreto convencional, se ve reflejado el beneficio económico porque se ahorra en costos de mantenimiento.
5. En la propuesta se habló de la entrega de un artículo, donde se pretendía realizar probetas de concreto convencional y probetas de concreto auto reparable, para realizar ensayos de tracción, compresión y resistencia, este no se logró realizar, por la situación de emergencia sanitaria que estamos viviendo.
6. Se pudo concluir que el concreto auto reparable se puede utilizar en todas las obras de ingeniería civil, pero se utiliza comúnmente en canales de irrigación, puentes y vías en lugares con un alto riesgo de sismicidad.
7. La variación entre los dos concretos analizados es poca en tanto a capacidad, por eso tendría que tenerse en cuenta la aplicación del bio reparador para concretos convencionales para tener un contra efecto de acuerdo a las fisuras que se puedan generar por otro lado no hay practicidad en estos concretos bio reparables, pueden utilizarse en medida escala o intercalo entre concreto convencional y auto reparable.
8. De acuerdo con las pocas investigaciones encontradas se evidencio un porcentaje parecido de resistencia entre los concretos convencionales y auto reparables, esto comprueba la eficiencia de este gran hallazgo de la construcción al crear un concreto capaz de mitigar los impactos más representativos en las estructuras.
9. Al tener menos impactos el concreto auto reparable se debe tener la seguridad de implementarlo bien, es un hecho que se han creado soluciones para mitigar impactos, la solución más evidente es tener conciencia de seguir el reglamento para cumplir, diseñar estructuras duraderas y eficientes para tener un alto porcentaje de rendimiento y resistencia, además de obtener los menores impactos posibles.

## **PALABRAS CLAVE**

**RECOMENDACIONES:** La investigación cualitativa se realizó entre los años 2013 - 2019, donde se revisaron los artículos: Bio-Concreto realizado por Chile, Estudio Comparativo de Hormigones Autosellantes y el Concreto Autorregenerante. Se recomienda a las personas que deseen investigar este material que busque nuevas fuentes de información de países como China y Estados Unidos, que son países donde actualmente se ha implementado este material.

También se recomienda realizar ensayos de laboratorio por medio de probetas cilíndricas, para el concreto convencional y para el concreto auto-reparable, para que estudien cual es el comportamiento de ambos materiales en cuanto a la resistencia por compresión, resistencia por tracción y como se auto-reparan los Bio-concretos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI. 2017. ACI (American Concrete Institute). [En línea] 2017. <https://www.concrete.org/topicsinconcrete/topicdetail/precast%20concrete?search=precast%20concrete>.
- Adrian, Yirda. 2020. Concepto Definicion. [En línea] 22 de 07 de 2020. <https://conceptodefinicion.de/concreto/>.
- Arkiplus. 2018. Arkiplus. [En línea] 2018. <https://www.arkiplus.com/concreto-ciclopeo/>.
- Arquitectura Pura. 2016. Arquitectura pura. [En línea] 2016. <https://www.arquitecturapura.com/la-historia-del-concreto/>.
- Bernabe, Cristina Ubeda. 2014. *Estudio compartido de hormigones autosellantes*. Madrid : Universidad politecnica de Madrid, 2014.
- Cando constructora. 2017. Cando. [En línea] 17 de 04 de 2017. <http://www.cando.es/ES/noticia-detalle/hormigon-autorreparable-para-construccion-como-funciona>.
2015. Cardiff University. [En línea] 2015 de Octubre de 2015. <https://www.cardiff.ac.uk/news/view/152733-uks-first-trial-of-self-healing-concrete>.
2017. Cementos tequendama. [En línea] 31 de octubre de 2017. <http://www.cetesa.com.co/propiedades-mecanicas-del-cemento/>.
- Civilgeeks. 2011. Civilgeeks. [En línea] 11 de Diciembre de 2011. <https://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>.
- Cocinista. 2015. Cocinista. [En línea] 13 de Abril de 2015. <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/lactato-de-calcio.html>.
- Concreto, Redaccion 360 en. 2013. 360 Concreto. [En línea] 05 de 2013. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/concreto/fisuras-en-el-concreto-por-retraccion>.
- DANE. 2019. DANE informacion para todos. [En línea] Agosto de 2019. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-concreto-premezclado>.
- Dificonsa. 2018. Dificonsa. [En línea] 28 de 05 de 2018. <https://www.dificonsa.com/bioconcreto-concreto-se-auto-repara/>.

Fayerwayer. 2015. Quecurioso Wordpress. [En línea] 25 de 05 de 2015. [https://quecurioso.wordpress.com/2015/05/15/bioconcreto\\_bacterias\\_henk\\_jonkers/](https://quecurioso.wordpress.com/2015/05/15/bioconcreto_bacterias_henk_jonkers/).

Figuerola, Tatiana y Palacio, Ricardo. 2008. *PATOLOGÍAS, CAUSAS Y SOLUCIONES DEL CONCRETO ARQUITECTÓNICO EN MEDELLÍN*. Medellín : Escuela de ingeniería de Antioquia, 2008.

Humanidades, Universidad de ciencias y. 2019. UCH. [En línea] 25 de Junio de 2019. <https://www.uch.edu.pe/uch-noticias/p/uch-presenta-biomateriales-para-la-ingenieria-civil>.

inc, Giatec sciendific. 2015. GIATEC. [En línea] 14 de 05 de 2015. <https://www.giatecscientific.com/education/bio-concrete/>.

Jesus11091994. 2013. Club Ensayos. [En línea] 22 de Julio de 2013. <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Resistencia-A-La-Tension/922408.html>.

Lagaher. 2013. Slideshare. [En línea] 2013. <https://pt.slideshare.net/lagaher/concreto-presforzado/6>.

Larios, Jorge Martinez. 2015. Jorge Martinez Larios. [En línea] 2015. <http://jorgemartinezlarios.com/download/EI%20concreto%20Estructural.pdf>.

*Los beneficio de bacterias en el concreto autorregenerante*. Ponce de Leon, Carla, Humani Rojas, Smith Kevin y Sanchez Acapana, Eddie. 2015. 37, Ciudad de Chile : Asociaciones PUCP, 2015, Vol. 7.

Lozada, Jeanny Paola Cuervo. 2010. AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE Bacillus spp COMO FIJADORES BIOLOGICOS DE NITROGENO Y SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EN DOS MUESTRAS DE BIOFERTILIZANTES COMERCIALES . [En línea] 2010. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8434/tesis404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Mora, Nicolas Giraldo. 2017. AUTORREPARACIÓN DE FISURAS EN CONCRETO RÍGIDO PARA PAVIMENTOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BIOPRECIPITADORAS DE CARBONATO DE CALCIO - ESTADO DEL ARTE Y DISEÑO EXPERIMENTAL. [En línea] Mayo de 2017. <http://bdigital.unal.edu.co/58369/1/1019037797.2017.pdf>.

Mundo, BBC. 2015. BBC. [En línea] 26 de Agosto de 2015. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37199563>.

- . 2016. BBC . [En línea] 2016 de Agosto de 2016. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37199563>.
- Navarro, S. J. 2008. sjnavarro. [En línea] 09 de 2008. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/concreto-presforzado.pdf>.
- Network, The concrete. 2015. Homestratosphere. [En línea] 2015. <https://www.homestratosphere.com/types-of-concrete/>.
- Noticias, BBC. 2017. Arcus global. [En línea] 16 de Mayo de 2017. <https://www.arcus-global.com/wp/bioconcreto-concreto-que-se-auto-repara/>.
- . 2015. Arq mx. [En línea] 29 de Mayo de 2015. <https://noticias.arq.com.mx/Detalles/20001.html#.XoDjqogzY2w>.
- Osorio, Jesus David. 2014. 360 Concretos. [En línea] 2014. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/control-de-calidad-del-concreto-en-obra#:~:text=Conclusi%C3%B3n-,El%20control%20de%20calidad%20debe%20tener%20un%20car%C3%A1cter%20preventivo%20y,contenido%20de%20aire%2C%20tiempos%20de>.
- . 2011. Argos. [En línea] 08 de Noviembre de 2011. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>.
- . 2015. Argos. [En línea] 03 de 2015. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-hacer-cuando-se-presentan-fisuras-en-el-concreto#:~:text=Las%20fisuras%20en%20el%20concreto,excesiva%20de%20agua%20que%20genera>.
- Pensemosverdemx. 2016. Pensemos verda. [En línea] 18 de Octubre de 2016. <https://pensemosverde.com/2016/10/18/bioconcreto-el-material-de-construccion-del-futuro/>.
- PUPC, ACI. 2015. Chilecubica. [En línea] 2015. <https://www.chilecubica.com/materiales-de-construccion/bio-concreto/>.
- S., Baudi. 2013. Hablamosclaro. [En línea] 2013. <https://hablemosclaro.org/ingrepedia/lactato-de-calcio/>.
- Seek, Redaction. 2017. Civilseek. [En línea] 2017. <https://civilseek.com/different-types-of-concrete/>.
- Service, Robert F. 2020. Science Mag. [En línea] 15 de Enero de 2020. <https://www.sciencemag.org/news/2020/01/frankenstein-material-can-self-heal-reproduce>.



Sismoresistentes, Comision Asesora permanente para el regimen de construcciones. 2010. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. [En línea] 2010. <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>.

Steward, Andrew. 2017. CNN. [En línea] 17 de 03 de 2017. <https://edition.cnn.com/2015/05/14/tech/bioconcrete-delft-jonkers/index.html>.

Stewart, Andrew. 2016. CNN Bussiness. [En línea] 7 de Marzo de 2016. <https://edition.cnn.com/2015/05/14/tech/bioconcrete-delft-jonkers/>.

TFOT. 2018. TFOT. [En línea] 09 de Abril de 2018. <https://thefutureofthings.com/4952-bioconcrete-self-healing-concrete/>.

The constructor (Civil Engineering Home). 2016. The Constructor. [En línea] 2016. <https://theconstructor.org/concrete/types-concrete-applications/19779/>.

Udep. 2017. Biblioteca UDEP. [En línea] 2017. [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_122\\_180\\_80\\_1138.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_122_180_80_1138.pdf).

Uniprot. 2019. Uniprot. [En línea] 01 de Diciembre de 2019. <https://www.uniprot.org/proteomes/UP000001544>.

Vasquez, Aysa Yire. 2019. Universidad Nacional de Cajamarca. [En línea] 2019. <http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/3205/TESIS%20-%20AYSA%20YIR%c3%89%20V%c3%81SQUEZ%20TAICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

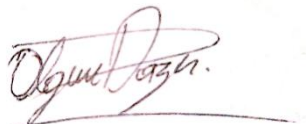
Villalva, Mercy Lucia. 2013. [En línea] Agosto de 2013. [http://192.188.51.77/bitstream/123456789/5221/1/53320\\_1.pdf](http://192.188.51.77/bitstream/123456789/5221/1/53320_1.pdf).

FIRMA DE AUTORES:

Federico Guarnizo Trujillo

---

Federico Guarnizo Trujillo - 506991



---

Olguer Enrique Daza Sánchez - 506124

FIRMA DOCENTE:

---

Abraham Ruiz Vásquez